

Csapó Benő<sup>1</sup> – Csikos Csaba<sup>2</sup> – Korom Erzsébet<sup>3</sup><sup>1</sup> MTA-SZTE Képességfejlesztés Kutatócsoport<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem Pedagógiai Értékelés és Tervezés Tanszék<sup>3</sup> Szegedi Tudományegyetem Oktatásmélt Tanszék

## Értékelés a kutatásalapú természettudomány-tanulásban: a SAILS projekt

*A természettudomány tanításának megújítását célzó négyéves SAILS (Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science – Értékelési stratégiák a természettudományok kutatásalapú tanulásához) projekt 2015 végén zárult. Ez a tanulmány a 12 ország kutatóinak összefogásával kivitelezett projekt előzményeit, tágabb tudományos kereteit, általános céljait és tevékenységrendszerét mutatja be. Felidéri a fontosabb eredményeket, és felvázolja, miképpen illeszkednek azok a természettudomány tanításának fejlesztését szolgáló más törekvésekhez.*

A természettudományok tanítása a világ számos fejlett országában súlyos gondokkal küzd. A tanulók alig érdeklődnek a természettudományok iránt, az iskolában elsajátított tudás nem kielégítő, az általános teljesítmények romlanak, kevés a kiemelkedő szint elérésére képes tanuló, és így kevesen választják a természettudományos pályát.

Ezek a problémák a magyar természettudomány-tanítást is érintik, azonban a gondok nálunk súlyosabbak, mint amit más fejlett országokban látunk. A magyar természettudományi eredményekre ugyanis hosszabb távon is a negatív változások a jellemzőek. Három-négy évtizeddel ezelőtt még a világ élvonalában voltak (B. Németh, Korom és Nagy, 2012), ma pedig már csak a fejlett országok középmezőnyében vannak a teljesítmények (OECD, 2013), és az utóbbi években jelentős a visszaesés (Csapó, 2015). Romlanak továbbá a természettudomány tanulásához elengedhetetlen két másik terület, a matematika és a szövegértés eredményei is.

A természettudomány tanításának problémáira az egyik legnépszerűbb válasz világszerte a kutatásalapú természettudomány-tanítás (Inquiry-Based Science Education, IBSE) elterjesztése. Nagy nemzetközi szervezetek állították a természettudomány tanításának megújítására irányuló tevékenységeik középpontjába, például a világ tudományos akadémiáit tömörítő szervezet (Global Network of Science Academies, IAP) az egyik fő programja (Science Education Programme, SEP) keretében számos konferenciát szervezett és kiadványt jelentetett meg e témakörben (Harlen, 2013). Az Európai Unió jelentős összegeket fordított kutatásalapú természettudományi programok kidolgozására és elterjesztésére, ezek közül a SAILS már a második, a Szegedi Tudományegyetem kutatóinak részvételével lebonyolított projekt.

## Elméleti keretek: a kutatásalapú tanulás jelentősége a természettudomány tanításának fejlesztésében

A tanulók aktív munkájára épülő oktatási módszerek elterjesztésének szándéka hosszú múltra nyúlik vissza. Ezek a módszerek főleg a középkori hagyományokat követő memorizáló, az elsajátított tananyag változatlan formában való reprodukálására törekvő, tanárközpontú, frontális tanítás módszereivel szemben kínáltak hatékonyabb alternatívákat. E törekvések egyik első teoretikusa John Dewey volt, aki a projektmódszert állította a középpontba, ami lényegében egy átfogó problémakör alaposabb, többszempontú tanulmányozása életszerű, természetes feltételek között (Dewey, 1938). A projektmódszernek számos modern változata terjedt el a természettudomány tanításában is, és mind egyéni, mind pedig csoportos formában jól alkalmazható (Polman, 2000; Krajcik és Blumenfeld, 2006), elsősorban az iskolában tanultak és a hétköznapi életben megismert jelenségek összekapcsolására.

Hasonló elvekre épül a problémaalapú tanulás (Problem-Based Learning, PBL), ami, szakítva a hagyományos diszciplínákra bontott tananyag leckéről leckére bontott szemléletével, komplex jelenségekhez kapcsolódó problémákból kiindulva építi fel a tanulási folyamatot. A PBL jól alkalmazható a természettudomány tanításában (Akinoglu és Ozkardes-Tandogan, 2007), és széles életkori sávban bizonyult eredményesnek, például a felsőoktatásban is (ld. pl. Dochy, Segers, Van den Bossche és Gijbels, 2003). Amíg a PBL elsősorban a tudás integrálásának eszközévé vált, a felfedező tanulás (Discovery Learning) a természetes kíváncsiságra alapozva inkább a fiatalabb korosztályokat célozta meg. A természettudomány jellegéből fakadóan alkalmas terepet jelentett a felfedező tanulás számára, és nagyon sok oktatási kísérlet vizsgálta hatékonyságát (Klahr és Nigam, 2004). Hasonló elvekre épültek azok a módszerek, amelyek a vizsgálódás, a kutatás aspektusaira helyezték a hangsúlyt (Inquiry-Based Learning, IBL; Nagy, 2010).

A tanulók természetes fejlődési folyamatainak támogatása érdekében elkerülhetetlen a személyes tapasztalatszerzésre, tevékenységre építő oktatási módszerek alkalmazása. Az említett progresszív oktatási módszerek összhangban vannak Piaget fejlődéseméletével, mely szerint a tudás elsődleges forrása a tevékenység, a környezettel való interakció (Inhelder és Piaget, 1967), illetve a kognitív konstruktivizmus arra épülő modelljeivel. Ezek azt hangsúlyozzák, hogy a tanulás öntörvényű folyamat, melynek során a tanuló maga építi fel, konstruálja meg saját tudását. E konstruktív folyamat legfontosabb eszköze a tanuló már meglévő (előzetes) tudása.

A tanulók önálló tevékenysége, a felfedező tanulás azonban önmagában nem vezet el a természet (és társadalom) bonyolult jelenségeinek értelmezéséhez, megértéséhez. Piaget alapvető kísérleteiben a műveleti gondolkodás kialakulása során egyszerű fizikai kísérleti eszközöket használt (inga, golyók ütközése, kétkarú emelő; ld. Inhelder és Piaget, 1967). Ezekben a kísérletekben azonban a gyerekek többnyire csak két változó közötti összefüggést tanulmányoztak, ezekre vonatkozóan fogalmaztak meg hipotéziseket, és vontak le megfigyeléseikből következtetéseket. A közvetlen tapasztalatokból (irányítás és a modern tudomány eredményeinek megismerése nélkül) a gyermekek többnyire csak egyszerű modelleket építenek fel, amelyek nincsenek, vagy csak részben vannak összhangban a tudományos ismeretekkel (ld. Korom, 2005). Ezért a tanulók tevékenységének fejlesztő hatását meghatározza az, hogy arra milyen kontextusban kerül sor.

Ez a probléma a felfedező tanulás iskolai alkalmazásának kezdeti korszakában különböző ellentmondásokhoz vezetett, különösen a természettudomány tanítását teljes mértékben a tanulók munkájára alapozó, az ilyen módszerekkel kapcsolatban illuzórikus elvárásokat támasztó kísérletek nyomán. Kiderült, hogy a tisztán felfedező, irányítás nélküli ('pure discovery, unguided') tanulás önmagában nem vezet jobb eredményre, mint a direkt tanítás (Mayer, 2004; Kirschner, Sweller és Clark, 2006). Sem a konstruktivista

megközelítés, sem a tanulók önálló tevékenységére építő tanulás nem zárja ki, nem teszi szükségtelessé az aktív tanári munkát. A tanári irányítás, az irányított felfedező tanulás ('guided discovery learning'), a tanulói munka közvetlen tanári támogatása eredményezhet csak olyan tanulást, amelyik végigvezeti a tanulókat a természettudomány megismerési folyamatain (Klahr és Nigam, 2004; Hmelo-Silver, Duncan és Chinn, 2007). Ez a megoldás összhangban van egy másik konstruktivista oktatási modellel, Vigotszkij (1967) szociál-konstruktivizmus elméletével is, mely szerint a tudás létrehozásában részt vesznek a közvetlen tapasztalatok értelmezésében közreműködő nagyobb tudású társak, felnőttek, iskolai kontextusban a pedagógusok.

A tanulók önálló tevékenységére építő törekvések sorába illeszkedik a kutatásalapú természettudomány-tanítás módszereinek elterjesztése is. Az előzőleg bemutatott általános sajátosságok mellett azonban a természettudomány tanítása, tanulása rendelkezik néhány sajátossággal is. Mindenekelőtt a természettudomány kiemelkedik az iskolai tantárgyak közül abban, hogy az emberi kultúra által felhalmozott tudást a legszervezettebb, legjobban formalizált módon foglalja össze. A természettudomány kutatási módszerei, hipotézisalkotási-hipotézisteszteselési módszerei szélesebb körben is alkalmazható modelleként szolgálhatnak, és a természettudomány tanulása egyedülálló lehetőségeket támaszt a megismerési képességek, a gondolkodás fejlesztésére is. Az IBSE sajátossága az is, hogy a kifejezésben természettudományi kontextusról lévén szó, az 'inquiry' szó határozottan kutatást, a tudományos kutatómunkával analóg tanulói tevékenységet jelent. (Ennek megfelelően használjuk a magyar megnevezésre a 'kutatásalapú' kifejezést, amely egyébként angolra visszafordítva általános értelemben 'research-based' lenne.)

A természettudomány tanításának tevékenységközpontú modernizálási törekvései az említett konstruktivista modellektől függetlenül is hosszabb múltra tekintenek vissza. Az 1990-es évek közepéig inkább a hétköznapi tudomány ('everyday science') címszáva alapján próbálták minden tanulóhoz közelebb vinni a természettudományt ('science for all'), elérhető, megfogható eszközök alkalmazásával ('hands on science') népszerűbbé tenni az iskolai munkát. Később mindinkább előtérbe kerültek a kutatásalapú megközelítések, azonban az e téren végzett oktatási kísérletek nagyon változatosak voltak a célokat, az önálló tanulói munka természetének értelmezését és az oktatási folyamaton belüli arányát tekintve egyaránt. Az eredmények áttekintésére és értékelésére számos összefoglaló munka vállalkozott (Anderson, 2002; Shymansky, Hedges és Woodworth, 1990; Schroeder, Scott, Tolson, Huang és Lee, 2007; Minner, Levy és Century, 2010). Az egyik legutóbbi, kvantitatív elemzést tartalmazó, 37 pontosan kontrollált (kontrollcsoportos kísérleti módszert alkalmazó) vizsgálat eredményeit összegző metaelemzés (Furtak, Seidel, Iverson és Briggs, 2012) jelentős (átlagosan mintegy félszázrésznyi) különbséget mutatott ki a kutatásalapú módszerek javára, ugyanakkor felhívta a figyelmet a tanári irányító tevékenység fontosságára is.

## A SAILS előzményei és forrásai

### *A kutatásalapú módszerek és a természettudomány-tanítás céljainak újraértelmezése*

A kutatásalapú projektek iránti érdeklődést a korábban már említett válságjelenségeken túl több más szempont is motiválta. A kutatásalapú oktatási módszerek ugyanis hatékonyan támogathatják azoknak a céloknak a megvalósítását, amelyek a természettudomány tanításával kapcsolatban az utóbbi időben előtérbe kerültek. A természettudomány-tanítás céljainak kiterjesztett értelmezése nem új jelenség, azonban az ezredforduló körüli

években folyó viták ismét felhívták a figyelmet a természettudomány tanulásának szélesebb körű hatásaira. Három ilyen tendenciát érdemes kiemelni.

1. A természettudomány oktatásának egyik fő célja a fiatal generáció felkészítése a természettudományos hivatásokra, ennek érdekében a tudomány értékrendje szerint kiválasztott és elrendezett tudás közvetítése. Hagyományosan ez a cél állt a természettudomány tanításának középpontjában, a tantervek az egyes diszciplínák logikáját követték, az adott szakterület szempontjából lényeges elemeket emeltek be a tananyagba. E célokat azonban a természettudományok tanítása csak részben valósította meg. A legtöbb fejlett országban alacsony a természettudományi felméréseken kiemelkedő szinten teljesítők aránya (*OECD*, 2013), és a magas absztrakciós szintű tananyagok elidegenítik a fiatalokat a természettudományoktól (pl. Magyarországon a fizika és a kémia a legkevésbé kedvelt iskolai tantárgyak; ld. *Csapó*, 2000). A kutatásalapú módszerek elterjesztésének egyik célja, hogy ezen változtasson. Ezt elsősorban a tudományos ismeretszerzés logikájának, módszereinek alaposabb megismerése, kutatási készségek kialakítása, egyes jelenségek mélyebb megértése révén valósíthatja meg. Ugyanakkor a kutatásalapú tanulás alkalmas lehet a természettudományok iránti pozitív attitűdök formálására, a természettudományos pályák iránti érdeklődés javítására.
2. A modern társadalmakban a hétköznapi életben is egyre több természettudományi tudásra van szükség. A mindenki számára szükséges természettudományos műveltségre a PISA vizsgálatok is felhívták a figyelmet, mivel a természettudományi tudást annak gyakorlati helyzetekben való alkalmazásain keresztül mérték fel. A kutatásalapú tanulás a gyakorlati helyzetekhez kapcsolódó, a hétköznapi életben hozzáférhető eszközöket felhasználó kísérletekkel segítheti a természettudományi tudás és annak hétköznapi alkalmazása közötti kapcsolatok kiépítését. A SAILS projekt tanulási egységeiben ('learning units') számos ilyen kísérlet szerepelt, például a reakciósebesség tanulmányozása pezsgőtablettával (*Németh és Orosz*, 2016), a szabadon eső tojás ütközésének, a vízben lebegő narancsnak (*Somogyi*, 2016) és az élelmiszereknek (*Kissné Gera*, 2016) vizsgálata.
3. A természettudomány tanítása (a matematika mellett) a gondolkodás fejlesztésének legalkalmasabb iskolai eszköze. Ezt számos korábbi projekt is kihasználta már, például a CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) projekt az értelmi képességek fejlődésének stimulálására (*Adey*, 1999; *Adey, Shayer és Yates*, 2001). Az utóbbi években azonban, főleg a modern társadalmak gyors változásai (mindezekelőtt az új kommunikációs technológiák elterjedése, a tanulás és a munkavégzés megváltozott feltételei) nyomán számos újabb elvárás is megjelent a képességek fejlesztésével kapcsolatban. A készségeknek és képességeknek ezt a lazán definiált halmazát összefoglalóan gyakran nevezik 21. századi készségeknek. Értelmezési kereteik kialakításával, mérésükkel, fejlesztésükkel számos nagyszabású projekt foglalkozott (*Ananiadou és Claro*, 2009; *Mayrath*, 2012; *Griffin, McGaw és Care*, 2012). Ezeknek a készségeknek a többségéről természetesen könnyen be lehet bizonyítani, hogy egyáltalán nem újak, nem a 21. század „felfedezettjei”, de az kétségtelen, hogy a fejlett posztindusztriális társadalmakban mind több embernek kell ezeket birtokolnia. A leggyakrabban említett 21. századi készségek, melyek a SAILS feladatainak kijelölésében (*McLoughlin, Finlayson és van Kampen*, 2012) is szerepelnek, a kreativitás, az innovációs készségek, a kritikus gondolkodás, a problémamegoldás, a kommunikációs készségek, az együttműködési készségek, a szociális készségek, a digitális kompetencia, a vezetői készségek és a tanulás elsajátítása. Ezek többsége a projekt során kidolgozott tanulási egységekben konkrétan

értékelhető fejlesztési célként is megjelenik (ld. *Veres*, 2016), miként sok, korábban is értelmezett egyszerű gondolkodási készség (pl. az arányossági gondolkodás, ld. *Kissné Gera*, 2016).

Az említett három fő tendencia általában is befolyásolja az oktatás céljairól való gondolkodást (l. erről bővebben: *Csapó*, 2010), és megjelenik például a TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Studies) tartalmi kereteiben is (ott a 'content' – tartalom, 'application' – alkalmazás és 'reasoning' – gondolkodás kategóriák szerint felosztva a tesztfeladatokat; *Mullis és Martin*, 2013). Az általános iskola első hat évfolyamára kialakított diagnosztikus értékelési rendszer e koncepció jegyében egy háromdimenziós modellre épül, melyben a természettudományos gondolkodás, a természettudományos műveltség és a diszciplináris tudás önálló fejlődési skálákat alkotnak (*Csapó és Szabó*, 2012). Ezekből az alapelvekből indult ki a SAILS projektben az értékelés tartalmának és módszereinek előkészítése is az értékelés tartalmi kereteinek ('assessment frameworks') kidolgozása során, az előzőekben leírt dimenziókat kibővítve egy negyedikkel, a kutatási készségekkel (*Csapó és mtsai*, 2012, 2013; *Csíkos, Korom és Csapó*, 2016).

### ***A SAILS projekt előzményei: természettudomány-tanítási projektek az Európai Unióban***

A természettudományi, matematikai és műszaki pályák iránti érdeklődés hanyatlása az ezredforduló körüli években Európában már olyan mértéket ért el, hogy az, a különböző gazdasági elemzések szerint, már Európa nemzetközi versenyképességét veszélyeztette. Az összefoglalóan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) területnek nevezett hivatások, illetve az azokat támogató oktatás fejlesztése érdekében uniós szinten is átfogó programok indultak. Többek között a természettudományi-műszaki területeken szerzett diplomák számának növelése volt az EU 2010-re kitűzött céljainak egyike.

A természettudományok tanításának fejlesztésével kapcsolatos stratégia kidolgozására az Európai Bizottság egy szakértői csoportot kért fel, melynek vezetője Michel Rocard, az Európai Parlament tagja, Franciaország korábbi miniszterelnöke lett. A bizottság jelentése (*Rocard és mtsai*, 2007; magyarul: *Rocard és mtsai*, 2010) részletesen feltárta a természettudomány oktatásában jelentkező problémákat, és ezek orvoslására különböző ajánlásokat fogalmazott meg. Megállapításai között vezető helyen szerepel, hogy az Európában fő szerepet játszó deduktív jellegű természettudomány-tanítást fel kell váltania a kutatásalapú tanításnak, amely alkalmasabb a tanulók érdeklődésének felkeltésére, problémamegoldó képességük, kritikai gondolkodásuk fejlesztésére.

A *Rocard-jelentés* nyomán, az ajánlásoknak megfelelően az Európai Unió jelentős kutatási-fejlesztési forrásokat biztosított a természettudomány oktatásának fejlesztésére. Ezek elosztása pályázati rendszerben a 7. számú kutatási keretprogram (Framework Program 7, FP7) feltételrendszere között valósult meg. Az egyes projektek tipikusan négyéves periódussal, több ország kutatóinak összefogásával zajlottak le. A programok középpontjában az ajánlásoknak megfelelően a kutatásalapú módszerek fejlesztése és – főleg a tanárképzés és továbbképzés lehetőségeit felhasználva – elterjesztése állt. Az értékelési programok előtt 20 ilyen FP7 finanszírozású programra került sor, ezeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.



1. táblázat. Az Európai Unió által 2008–2014 között támogatott természettudomány-tanítási projektek

CarboSchools+	European Network of Regional Projects for School Partnerships on Climate Change Research
CoReflect	Digital Support for Inquiry, Collaboration, and Reflection on Socio-Scientific Debates
ECB	European Coordinating Body in Maths, Science and Technology Education
ESTABLISH	European Science and Technology in Action Building Links with Industry, Schools and Home
EUCUNET	European Children's Universities Network
FIBONACCI	Large Scale Dissemination of Inquiry Based Science and Mathematics Education
HIPST	History and Philosophy in Science Teaching
INQUIRE	Inquiry-Based Teacher Training for a Sustainable Future
kidsINNscience	Innovation in Science Education – Turning Kids on to Science
Mind the Gap	Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education
MOTIVATION	Promoting Positive Images of SET in Young People
PATHWAY	The Pathway to Inquiry Based Science Teaching
PRIMAS	Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe
PRI-SCI-NET	Networking Primary Science Educators as a Means to Provide Training and Professional Development in Inquiry-Based Teaching
PROFILES	Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science
SECURE	Science Education Curriculum Research
SED	Science Education for Diversity
S-TEAM	Science-Teacher Education Advanced Methods
TRACES	Transformative Research Activities. Cultural diversities and Education in Science
YOSCIWEB	Young People and the Images of Science on Websites

A táblázatban bemutatott projektek megvalósításában a SAILS több kutatócsoportja is részt vett. A SAILS konzorciumot vezető Dublin City University kutatói az ESTABLISH-t is irányították. A Szegedi Tudományegyetem munkatársai korábban a PRIMAS programban vettek részt (*B. Németh*, 2010; *Csikos*, 2010a, 2010b; *Korom*, 2010; *Nagy*, 2010; *Véres*, 2010). E korábbi programok egyes eredményei, elkészült produktumai forrásul szolgáltak a SAILS értékelési eszközeinek kidolgozásához is.

### ***Értékelés a kutatásalapú természettudomány-tanításban***

Az oktatási módszerek fejlesztéséhez szervesen hozzátartozik az értékelés, ami a kutatásalapú tanuláshoz kapcsolódóan kétféle módon, szummatív és formatív értékelésként is szerepet kaphat. Egyrészt a kutatásalapú módszerek összehasonlító hatásvizsgálata során mérni kell az eredményeket, például kontrollcsoportos kísérleti elrendezésben azt, hogy egy adott időszak után a kísérleti vagy a kontrollcsoport tanulói érték el jobb eredményeket. Ilyen összehasonlításokhoz objektív, nagyobb időszak teljesítményeit átfogó szummatív tesztekre van szükség, de nem feltétlenül kell új, kifejezetten a kutatásközpontú tanulás sajátosságaihoz alkalmazkodó mérőeszközöket készíteni; az összehasonlítás természetétől függően sokféle teszt számításba jöhet. Lehet mérni a tananyag elsajátításának mértékét hagyományos tudásszintmérő tesztekkel, meg lehet vizsgálni valamilyen képességteszttel azt, hogy melyik módszer miképpen befolyásolja a tanulók gondolko-

dását, kérdőívekkel elemezni lehet az érdeklődésre, motivációra gyakorolt hatásokat. A korábban említett hatásvizsgálatok többnyire ilyen külső viszonyítási pontokként kész mérőeszközöket alkalmaztak.

A tevékenységközpontú oktatási módszerek sajátosságaihoz igazodó, nem feltétlenül az összehasonlítást, hanem inkább a tanárok munkáját segítő értékelési módszerek is viszonylag korán megjelentek, ezek lehetnek szummatív és formatív értékelések egyaránt. Az újszerűnek számító kísérletező, eszközöket használó ('hands-on science') oktatási módszerek alkalmazása során az értékelés is változott, súlypontja eltolódott a teljesítménymérésről a tanulók tevékenységének, a kísérletező folyamatnak a megfigyelésére (Baxter, Shavelson, Goldman és Pine, 1992; Brown és Shavelson, 1996; Stohr-Hunt, 1996).

Az 1990-es évek végén, részben az angolszász országokban elterjedt, túl gyakran alkalmazott tudásszintmérés alternatívájaként (esetleg annak ellenzékeként) előtérbe került a tanítást-tanulást közvetlenül segítő formatív, a tanulás érdekében való ('assessment for learning'), a tanítási folyamatba beágyazott ('embedded assessment') értékelés. A formatív értékelésnek nincs tétje, és akkor lehet eredményes, ha gyakori, közvetlen visszacsatolást nyújt (Black és Wiliam, 1998; Black, Harrison, Lee, Marshall és Wiliam, 2003; Ayala és misai, 2008). Mivel a tanulók tevékenysége közvetlenül is megfigyelhető, a kutatásalapú tanulás különösen jó lehetőségeket teremt a formatív értékelésre (Harlen, 2013).

A 7. keretprogramban megvalósított természettudomány-tanítási projektek az első időszakban nem fordítottak kiemelt figyelmet az értékelés problémáira. Felismerve az értékelés jelentőségét, az FP7 utolsó ciklusában a kutatásalapú természettudomány-tanításhoz kapcsolódóan a mérési-értékelési tevékenységek kidolgozására és a tanárképzésbe való beépítésére jelent meg pályázati kiírás. Ebben a ciklusban két pályázat nyert támogatást, a SAILS-en kívül az ASSIST-ME (Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education) projekt.

Az ASSIST-ME célja a kutatásalapú oktatáshoz kapcsolódó értékelő tevékenységek széles körű megalapozása volt, beleértve a formatív és szummatív módszereket egyaránt. A SAILS-hez hasonlóan hét munkacsomagból épült fel, továbbá szintén kutatók és gyakorló tanárok együttműködésében készültek az értékelő eszközök. A hasonlóságok mellett számos különbség is volt a két projekt között, például míg a SAILS a tanulási folyamathoz kötődő közvetlen értékelésre koncentrált, az ASSIST-ME programjában megjelentek a mérések és a technológia-alapú eszközök is. Továbbá az ASSIST-ME tevékenysége kiterjedt a matematika és a technológia oktatására is, míg a SAILS kifejezetten a természettudományra koncentrált (Bernholt, Rönnebeck, Ropohl, Köller és Parchmann, 2013; Hughes, Green és Greene, 2014).

## A SAILS projekt

### *A projekt céljai és résztvevői*

A SAILS projekt megvalósítására 2012 januárja és 2015 decembere között került sor. A célcsoportot a diákoknak az a korosztálya képezte, amelyik már magasabb óraszámban tanulja a természettudományi tantárgyakat, és így az iskolai munkájukba beilleszthető a kísérletezés (12–18 évesek). A magyar rendszerben ez az általános iskola utolsó éveit, illetve a középiskolát jelenti. Bár a projekt nem bontotta a természettudományt további diszciplínákra, tartalmát tekintve a biológiát, kémiát és fizikát fogta át.

A projekt alapvető célja az volt, hogy Európa-szerte segítse a pedagógusokat a kutatásalapú természettudomány-tanítás módszereinek megismerésében és a tanulók kutató-

munkájának irányításában. Ezt a célt elsősorban az értékelés, mindenekelőtt a tanulási folyamatba beépített formatív értékelés révén valósította meg. Mivel a formatív értékelés részletes és konkrétan kapcsolódik az oktatás tartalmához, alkalmas arra, hogy azon keresztül a pedagógusok megismerjék a tanulási folyamathoz kapcsolódó visszajelző feladatokat.

A projekt megvalósítói felhasználták a korábbi európai munkák során kidolgozott eszközöket, tananyagokat is, azokhoz hozzákapcsolták a projekt keretében kidolgozott értékelési eszközöket. Az így továbbfejlesztett oktatási anyagokat kipróbálták, majd a tanárképzés és a tanártovábbképzés csatornáin keresztül bevitték saját iskolarendszerük oktatási gyakorlatába. A projekt keretében sor került a szakirodalom feltárásától az elméleti elemző tevékenységen át az osztálytermi munkáig terjedő teljes innovációs folyamat megvalósítására.

A SAILS projektben 12 országból 13 intézmény, többségében egyetem vett részt (2. táblázat). A programot koordináló szervezet a Dublin City University volt. A partnerek mindegyike egy nagyobb munkacsoporttal vett részt a projekt feladatainak megoldásában. A résztvevők együttesen sokféle szakértelmet hoztak a projektbe, különböző természettudomány-tanítási kísérletekben vettek részt, eltérő pedagógiai kultúrákkal rendelkező iskolarendszerekben szereztek fejlesztési tapasztalatokat.

2. táblázat. A SAILS projekt megvalósításában részt vevő intézmények

Audiovisual Technologies, Informatics & Telecommunication	Belgium
Dublin City University	Írország
Gottfried Wilhelm Leibniz University, Hannover	Németország
Hacettepe University	Törökország
Institute of Education University of Lisbon	Portugália
INTEL Performance Learning Solutions Limited	Írország
Jagiellonian University, Kraków	Lengyelország
King's College London	Nagy-Britannia
Malmö University	Svédország
University of Szeged	Magyarország
University of Piraeus Research Centre	Görögország
University of Southern Denmark	Dánia
Pavol Jozef Šafárik University in Košice	Szlovákia

*A projekt tevékenységrendszer alapvetően az értékelés, a tanári értékelő munka köré szerveződött. Ez a megoldás összhangban volt a korábbi tevékenységközpontú, felfedező tanulást előtérbe helyező oktatási kísérleteknek azzal a tapasztalatával, mely szerint a tanári segítséget, támogatást, magyarázatot nem lehet az oktatásból kiküszöbölni.*

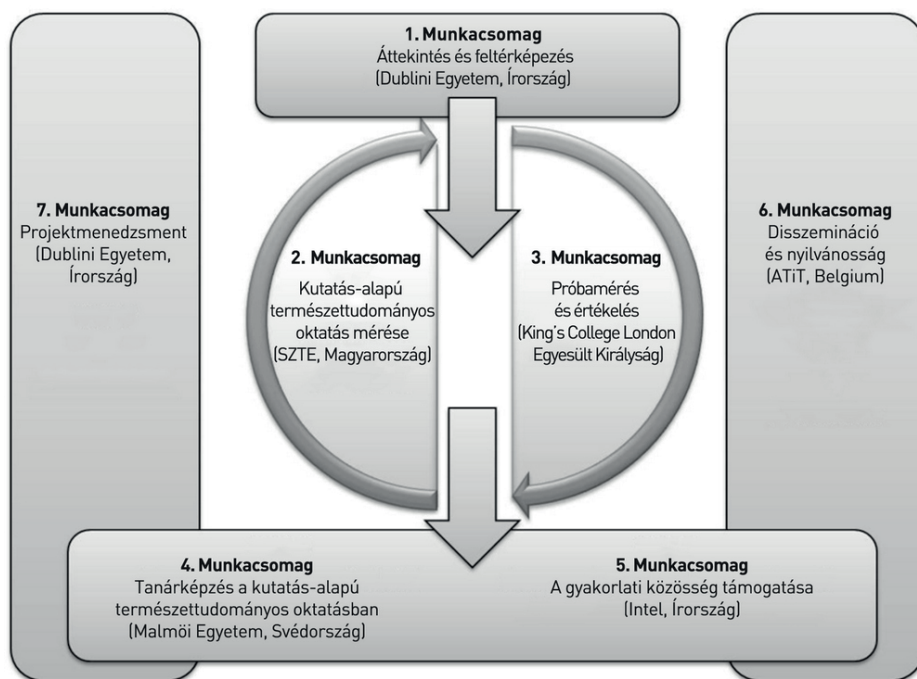
A projekt tevékenységrendszer alapvetően az értékelés, a tanári értékelő munka köré szerveződött. Ez a megoldás összhangban volt a korábbi tevékenységközpontú, felfedező tanulást előtérbe helyező oktatási kísérleteknek azzal a tapasztalatával, mely szerint a tanári segítséget, támogatást, magyarázatot nem lehet az oktatásból kiküszöbölni. Ahhoz, hogy a tanulók tapasztalataikból a tudományos állásponttal összhangban álló fogalmi rendszereket, modelleket építsenek fel, szükség van a tanár irányító tevékenységére. Ebben az esetben az oktatás az egyébként saját törvényszerűségekkel rendelkező felfedező, kísérletező, kutató



tanulási folyamat irányítása. A formatív értékelés hozzájárul a tanulók önálló munkája és a tanári irányítás közötti optimális összhang megteremtéséhez. A tanár az irányító tevékenységet ebben a folyamatban a tanulók kutatómunkájához kapcsolódó visszajelzésekkel láthatja el. A SAILS projekt alapvető célja e visszajelző tevékenység konkrét módszereinek kidolgozása és a módszerek elterjesztése volt.

### *A SAILS projekt munkacsomagjai, feladatai és fő eredményei*

A SAILS projekt tevékenységrendszere hét munkacsomagba szerveződött, ezek kapcsolatrendszerét és az egyes munkacsomagokat vezető partnereket az 1. ábra mutatja be. A 7. munkacsomag a projekt szervezésének és irányításának feladatait foglalta össze, melyeket a fő pályázó, a Dublin City University látott el. Ugyancsak technikai feladatokat tartalmazott a kommunikációs tevékenységek köré szerveződő 6. munkacsomag. Ennek vezetését egy főleg oktatási és tudományos kommunikációval foglalkozó vállalat látta el, beleértve a projekt honlapjának, információs hálózatának elkészítését, a kiadványok szerkesztését, megjelentetését, a projekthez kapcsolódó videofelvételek elkészítését.



1. ábra. A SAILS munkacsomagjainak kapcsolatrendszere (forrás: SAILS projekt)

A projekt tartalmi feladatait az 1–5. munkacsomagok valósították meg. Mindegyik munkájában részt vett az összes partner egy adott kutatócsoport szakmai irányításával. Az első munkacsomag, szintén a fő pályázó Dublin City University vezetésével, a korábbi kutatásalapú projektek eredményeinek áttekintésére, összegzésére és a SAILS szempontjából lényeges új kihívások feltérképezésére vállalkozott (McLoughlin, Finlayson és van

Kampen, 2012), továbbá megvizsgálta, hogy az IBSE módszerei miképpen jelennek meg a partnerországok tanterveiben és értékelési rendszereiben (McLoughlin, Finlayson, van Kampen és McCabe, 2013).

A 2. munkacsomag, melyet a Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Kutatócsoportja vezetett, az értékelés tartalmi kereteinek kidolgozásért volt felelős, annak meghatározásáért, hogy mit és hogyan lehet a kutatásalapú tanulás során értékelni. Ez a csoport elemezte, hogy miképpen adaptálhatók a pedagógiai értékelés eszközei és módszerei a tevékenységközpontú természettudományi tanórák kereteihez. Áttekintette az értékelési lehetőségek teljes spektrumát, ennek alapján kidolgozta a kutatásalapú kontextusban alkalmazható értékelés stratégiáit (Csapó és mtsai, 2012), majd azonosította annak lehetséges eszközeit és módszereit (Csapó és mtsai, 2013; Csíkos és mtsai, 2014).

A 3. munkacsomag – melyet a King's College London vezetett – feladata volt, hogy a 2. eredményeit átültesse az osztálytermi gyakorlatba, és kidolgozza a közvetlen iskolai alkalmazás munkaformáit. Ennek alapvető módszere olyan tanulási egységek elkészítése volt, melyeknek az alapjait – részben a korábbi kutatásalapú projektek eredményeinek felhasználásával – a partner kutatócsoportok gyűjtötték össze, majd ezekhez a szegedi és a londoni kutatócsoportok irányításával hozzákapcsolták a formatív értékelés eszközeit. Ezeket próbálták ki tanárok egy szűkebb csoportjával a 3. munkacsomag keretében (Harrison és mtsai, 2014). A tanulási egységek kipróbálására más országokban is sor került (Harrison és mtsai, 2015), majd a tapasztalatok alapján a 2. munkacsomag keretében történt meg a tanulási egységek végső kidolgozása (Csíkos és mtsai, 2015).

A tanulási egységek kidolgozása lehetőséget teremtett a kutatási feladatok megoldása során alkalmazott gondolkodási feladatok feltárására, azok viselkedési megnyilvánulásainak azonosítására, így a tanulás-tanítási folyamatok részletes megismertetésére is (bővebben ld. Csíkos, Korom és Csapó, 2016). A projekt keretében készült tanulási egységek (az ezekből megjelent válogatást ld. Finlayson, McLoughlin, Coyle, McCabe, Lovatt és van Kampen, 2015) a hozzájuk fűzött elemzésekkel és ajánlásokkal alkalmasak arra, hogy azokat más tanárok is felhasználják, illetve a tapasztalatok alapján hasonló tanulási egységeket készítsenek. (A magyarországi kipróbálásról ld. Kissné Gera, 2016; Szélpál és Kopasz, 2016; Nagy és Nagy, 2016; Németh és Orosz, 2016; Radnóti és Adorján, 2016; Somogyi, 2016; Veres, 2016).

A 4. munkacsomag, melyet a Malmö University kutatói irányítottak, az informatikai háttérrel biztosító írországi INTEL Performance Learning Solutions Limited (az 5. munkacsomag vezetői) közreműködésével koordinálta azokat a tevékenységeket, amelyek révén a projekt során kidolgozott módszerek bekerültek a pedagógusképzésbe, illetve az iskolai gyakorlatba. Ennek többféle formája volt, beleértve a tanárképzés és a tanár-továbbképzés lehetőségeit, továbbá a pedagógusok olyan együttműködő hálózatának létrehozását, amelyben a projekt időtartamán túl is lehetőség nyílik további eszközök kidolgozására és a tapasztalatok kicserélésére (részletesebben ld. Korom, Csíkos és Csapó, 2016).

### Összegzés és további kutatási-fejlesztési feladatok

A természettudományok tanításával világszerte gondok vannak, és amint azt a nemzetközi és hazai vizsgálatok is jelzik, a magyarországi problémák különösen súlyosak. Az eredményesség javításához sokirányú erőfeszítésre van szükség, és a SAILS projekt a problémák megoldásának több irányát is megmutatta.

A SAILS projektben dolgozó kutatók továbbfejlesztették a kutatásalapú természettudomány-tanítás módszereit, a tanulók és tanárok tevékenységéhez hozzákapcsolták a formatív értékelés eszközrendszerét. A többdimenziós tartalmi keretek kidolgozásával felhívták a figyelmet a kutatásalapú módszerek alkalmazásának további lehetőségeire,

konkretizálták, miképpen lehet a tanulók kutatómunkáját a gondolkodás fejlesztésének és a megszerzett tudás alkalmazhatóságának javítása érdekében alkalmazni. Felhívták a figyelmet a tanulásban szerepet játszó pszichológiai folyamatokra és a pontos, azonnali, gyakori tanári visszajelzés (formatív tanórai értékelés) fontosságára. Azonosították a tanulói tevékenységek konkrétan megfigyelhető, értékelhető mozzanatait, és mindezt konkrét példák, természettudományi tanulási egységek sokaságán mutatták be és tették hozzáférhetővé a gyakorló pedagógusok számára.

A felfedező tanulás iskolai alkalmazásának egyik legnagyobb kihívása, hogy miképpen lehet a diákok tevékenységét tudományos keretek között tartani, kutatómunkájukat célirányossá tenni. A SAILS projekt a formatív értékelés eszközeinek felhasználásával teremtette meg az összhangot a felfedező tanulás, a tanulók önálló kutatómunkája és a tanár irányító tevékenysége között, megvalósítva az irányított felfedezés alapelveit ('guided discovery'). A kidolgozott módszerek hozzájárultak a tanárok osztálytermi munkájának tudatosabbá, célirányosabbá tételéhez is.

A projekt közben végzett elemzések és az eszközrendszer kipróbálása egyben felhívta a figyelmet az alkalmazás során felmerülő nehézségekre és az implementálás lehetséges hiányosságaira is. Ilyenek például a kutatásalapú tanulással szemben időnként megfogalmazott túlzó elvárások, a gyenge, következtelen implementáció, és az idő- és eszköz-igény alultervezése.

A projekt keretében kidolgozott eszközrendszer alkalmazása során figyelembe kell venni a tanári megítélésen alapuló formatív értékelés általános korlátjait is. Amint arra Bennett (2011) már egy korábbi tanulmányában rámutatott, a formatív értékelésének ez a módja tanárfüggő, hiányzik belőle az objektivitás. Ezért a kutatásalapú természettudomány-tanulás további fejlesztése során szükség lesz specifikusan a módszer igényeihez adaptált objektív értékelő eszközök, tesztek kidolgozására is. Ennek lehetőségeit a SAILS keretében kidolgozott értékelési stratégiák számításba vették, azonban ennek az irányznak a megvalósítására a projekt során nem került sor.

További kutatási-fejlesztési feladat a kidolgozott értékelési rendszerek hatékonyságának felmérése, más módszerekkel való összehasonlítása, a költségek és eredmények arányának mérlegelése. Az oktatási innovációk elterjesztése során ma már alapvető normának számít a bizonyítékokra alapozott ('evidence-based') döntéshozatal. Ezeknek a feladatoknak az elvégzéséhez is objektív mérőeszközökre lesz szükség, amelyekhez hasznos forrást jelentenek a projekt keretében kidolgozott értékelési stratégiák és tartalmi keretek.

### Köszönetnyilvánítás

*A tanulmány elkészítését az Európai Unió Hetedik Keretprogramja támogatta a 289085 azonosítószámú SAILS projekt részeként.*

### Irodalomjegyzék

Adey, P. (1999): Gondolkodtató természettudomány. A természettudomány, az általános gondolkodási képesség kapuja, *Iskolakultúra*, 9. 10. sz. 33–45.

Adey, P., Shayer, M. és Yates, C. (2001): *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project*. 3. kiadás. Nelson Thornes, London.

Ananiadou, K. és Claro, M. (2009): 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working*

*Papers*, No. 41. OECD Publishing, Paris. DOI: [10.1787/218525261154](https://doi.org/10.1787/218525261154)

Anderson, R. D. (2002): Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13. 1. sz. 1–12.

Akinoglu, O. és Ozkardes-Tandogan, R. (2007): The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning. *Eurasia Journal of Mathe-*

- atics, *Science & Technology Education*, **3**. 1. sz. 71–81.
- Ayala, C. C., Shavelson, R. J., Araceli Ruiz-Primo, M., Brandon, P. R., Yin, Y., Furtak, E. M., Young, D. B. és Tomita, M. K. (2008): From formal embedded assessments to reflective lessons: The development of formative assessment studies. *Applied Measurement in Education*, **21**. 4. sz. 315–334. DOI: [10.1080/08957340802347787](https://doi.org/10.1080/08957340802347787)
- B. Németh Mária (2010): A természettudományi tudás/műveltség értelmezései nemzeti standardokban. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 92–99.
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2012): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő (szerk.): *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 131–190.
- Baxter, G. P., Shavelson, R. J., Goldman, S. R. és Pine, J. (1992): Evaluation of procedure-based scoring for hands-on science assessment. *Journal of Educational Measurement*, **29**. 1. sz. 1–17. DOI: [10.1111/j.1745-3984.1992.tb00364.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1992.tb00364.x)
- Bennett, R. E. (2011): Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, **18**. 1. sz. 5–25. DOI: [10.1080/0969594x.2010.513678](https://doi.org/10.1080/0969594x.2010.513678)
- Bernholt, S., Rönnebeck, S., Ropohl, M., Köller, O. és Parchmann, I. (2013): *Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM-Part 1*. Department of Science Education, University of Copenhagen, Copenhagen.
- Black, P. és Wiliam, D. (1998): Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, **5**. 1. sz. 7–74. DOI: [10.1080/0969595980050102](https://doi.org/10.1080/0969595980050102)
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B. és Wiliam, D. (2003): *Assessment for learning. Putting it into practice*. Open University Press, Berkshire.
- Brown, J. H. és Shavelson, R. J. (1996): *Assessing hands-on science: A teacher's guide to performance assessment*. Corwin Press, Thousand Oaks.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100**. 3. sz. 343–366.
- Csapó, B. (2010): Goals of learning and the organization of knowledge. In: Klieme, E., Leutner, D. és Kenk, M. (szerk.): *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Beltz, Weinheim u.a. 12–27.
- Csapó Benő (2015): A magyar közoktatás problémái az adatok tükrében. *Iskolakultúra*, **25**. 7–8. sz. 4–17. DOI: [10.17543/iskkult.2015.7-8.4](https://doi.org/10.17543/iskkult.2015.7-8.4)
- Csapó, B., Csíkos, Cs., Korom, E., B. Németh, M., Black, P., Harrison, C., van Kampen, P. és Finlayson, O. (2012): *Report on the strategy for the assessment of skills and competencies suitable for IBSE*. SAILS project. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d2.1.pdf>
- Csapó, B., Csíkos, Cs., Korom, E., Harrison, C., Black, P., Finlayson, O., van Kampen, P., McLoughlin, E. és McCabe, D. (2013): *Report on the assessment frameworks and instruments for IBSE skills – Part A*. SAILS project. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d2.2.pdf>
- Csapó Benő és Szabó Gábor (2012, szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Csíkos Csaba (2010a): A PRIMAS-projekt. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 4–12.
- Csíkos Csaba (2010b): Problémaalapú tanulás és matematikai nevelés. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 52–60.
- Csíkos Cs., Csapó, B., Veres, G., Adorján, F. és Radnóti, K. (2014): *Report on the assessment frameworks and instruments for IBSE skills – Part B*. SAILS project. [http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d2.3\\_report\\_on\\_the\\_assessment\\_frameworks\\_and\\_instruments\\_0.pdf](http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d2.3_report_on_the_assessment_frameworks_and_instruments_0.pdf)
- Csíkos, Cs., Csapó, B., Veres, G., Adorján, F. és Radnóti, K. (2015): *Final report on the assessment frameworks and instruments for IBSE skills*. SAILS project.
- Csíkos Csaba, Korom Erzsébet és Csapó Benő (2016): Tartalmi keretek a kutatásalapú tanulás tudáselemeinek értékeléséhez a természettudományokban. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 17–29.
- Dewey, J. (1938): *Education and Experience*. Touchstone, New York.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. és Gijbels, D. (2003): Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, **13**. 5. sz. 533–568. DOI: [10.1016/s0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(02)00025-7)
- Finlayson, O., McLoughlin, E., Coyle, E., McCabe, D., Lovatt, J. és van Kampen, P. (2015): *SAILS inquiry and assessment units. Volume 1–2*. Dublin City University, Dublin.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. és Briggs, D. C. (2012): Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, **82**. 3. sz. 300–329. DOI: [10.3102/0034654312457206](https://doi.org/10.3102/0034654312457206)
- Harlen, W. (2013): *Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme, Trieste.
- Harrison, C., Black, P., Csapó, B., Csíkos, Cs., Korom, E., van Kampen, P., Finlayson, O., McLoughlin, E. és McCabe, D. (2014): *Report from evaluation of implementation with pilot teachers – Part A*. SAILS projekt. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d3.1.pdf>

- Harrison, C., Finlayson, O., McLoughlin, E., van Kampen, P., Lovatt, J., Friege, G., Barth, M. és McCabe, D. (2015): *Report from evaluation of implementation with pilot teachers – Part B*. SAILS projekt. [http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d3.2\\_report\\_from\\_evaluation\\_of\\_implementation\\_with\\_pilot\\_teachers-partb.pdf](http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d3.2_report_from_evaluation_of_implementation_with_pilot_teachers-partb.pdf)
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. és Chinn, C. A. (2007): Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, **42**. 2. sz. 99–107. DOI: [10.1080/00461520701263368](https://doi.org/10.1080/00461520701263368)
- Hughes, S., Green, C. és Greene, V. (2014): *Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM-Part 2*. Department of Science Education, University of Copenhagen, Copenhagen.
- Griffin, P., McGaw, B. és Care, E. (2012): *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer, New York. DOI: [10.1007/978-94-007-2324-5](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5)
- Inhelder, B. és Piaget, J. (1967): *A gyermek logikájától az ifjú logikájáig*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kirschner, P., Sweller, J. és Clark, R. E. (2006): Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, **41**. 2. sz. 75–86.
- Kissné Gera Ágnes (2016): Élmények és értékek a kutatásalapú tanulás kipróbálása során. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 89–100.
- Klahr, D. és Nigam, M. (2004): The equivalence of learning paths in early science instruction effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, **15**. 10. sz. 661–667. DOI: [10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x](https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x)
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet (2010): A tanárok szakmai fejlődése – továbbképzések a kutatásalapú tanulás területén. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 78–91.
- Korom Erzsébet, Csíkos Csaba és Csapó Benő (2016): A kutatásalapú tanulás megvalósításának feltételei a természettudományok tanításában. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 30–42.
- Krajcik, J. S. és Blumenfeld, P. C. (2006): Project-based learning. In: Sawyer, R. K. (szerk.): *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press. DOI: [10.1017/cbo9780511816833](https://doi.org/10.1017/cbo9780511816833)
- Mayer, R. E. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, **59**. 1. sz. 14–19. DOI: [10.1037/0003-066x.59.1.14](https://doi.org/10.1037/0003-066x.59.1.14)
- Mayrath, M. C. (2012): *Technology-based assessments for 21st century skills: Theoretical and practical implications from modern research*. Information Age Publishing, Charlotte.
- McLoughlin, E., Finlayson, O. és van Kampen, P. (2012): *Report on mapping the development of key skills and competencies onto skills developed in IBSE*. SAILS Project. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d1.1.pdf>
- McLoughlin, E., Finlayson, O., van Kampen, P. és McCabe, D. (2013): *Report on how IBSE is involved in national curricula and assessment in the participating countries*. SAILS Project. <http://www.sails-project.eu/sites/default/files/d1.2.pdf>
- Minner, D. D., Levy, A. J. és Century, J. (2010): Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, **47**. 4. sz. 474–496. DOI: [10.1002/tea.20347](https://doi.org/10.1002/tea.20347)
- Mullis, I. V. S. és Martin, M. O. (2013, szerk.): *TIMSS 2015 Assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, Chestnut Hill.
- Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 31–51.
- Nagy Lászlóné és Nagy Mórió Tibor (2016): Kutatásalapú tanítás-tanulás a biológiaoktatásban és biológiatanár-képzésben. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 57–69.
- Németh Veronika és Orosz Gábor (2016): A reakciósebesség című SAILS tanulási egység kipróbálásának tapasztalatai. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 81–88.
- OECD (2013): *PISA 2012 results (Volume I). What students know and can do: Student performance in mathematics, reading and science*. OECD, Paris. DOI: [10.1787/9789264201118-sum-en](https://doi.org/10.1787/9789264201118-sum-en)
- Polman, J. L. (2000): *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. Teachers College Press, New York.
- Radnóti Katalin és Adorján Ferencné (2016): A kutatásalapú tanulás/tanítás/tanárképzés lehetőségei a fizika oktatásában. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 70–80.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2007): *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission, Brussels.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2010): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, **20**. 2. sz. 13–30.
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T.-Y. és Lee, Y.-H. (2007): A metaanalysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, **44**. 1436–1460. DOI: [10.1002/tea.20212](https://doi.org/10.1002/tea.20212)
- Shymansky, J. A., Hedges, L. V. és Woodworth, G. (1990): A reassessment of the effects of inquiry-based science curricula of the 60's on student performance.



*Journal of Research in Science Teaching*, **27**. 127–144. DOI: [10.1002/tea.3660270205](https://doi.org/10.1002/tea.3660270205)

Somogyi Ágota (2016): A SAILS projekt tapasztalatai a pedagógus szemszögéből: a kutatásalapú tanulás szervezésének és értékelésének hatása a pedagógus attitűdjére. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 101–108.

Stohr-Hunt, P. M. (1996): An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **33**. 1. sz. 101–109. DOI: [10.1002/\(sici\)1098-2736\(199601\)33:1<101::aid-tea6>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199601)33:1<101::aid-tea6>3.0.co;2-z)

Szélpál Szilveszter és Kopasz Katalin (2016): A kutatásalapú tanulás alkalmazása a tehetséggondozásban. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 109–116.

Trilling, B. és Fadel, C. (2009): *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons, New York.

Veres Gábor (2010): Kutatásalapú tanulás – a feladatok tükrében. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 61–77.

Veres Gábor (2016): Gondolkodás- és képességfejlesztés: Kihívások és megoldások a SAILS projektben. *Iskolakultúra*, **26**. 3. sz. 43–56.

Vigotszkij, L. Sz. (1967): *Gondolkodás és beszéd*. Akadémiai Kiadó, Budapest.